

Vehicle with automatic auxiliary steering gear - minimises or counteracts transverse acceleration or yawing speed caused by side winds

Patent number: DE4229380
Publication date: 1994-03-10
Inventor: TRAN DR-ING VAN (DE)
Applicant: DAIMLER BENZ AG (DE)
Classification:
- **international:** B62D6/04
- **european:** B62D6/04; B62D7/15G
Application number: DE19924229380 19920903
Priority number(s): DE19924229380 19920903

Abstract of DE4229380

The active auxiliary steering gear (1) operates automatically in addition to the main gear controlled by the driver counteract the effects of side winds. These are detected by a measuring system in the vehicle.

The auxiliary gear minimises or counteracts transverse acceleration and yawing speeds caused by the side wind. It can be arranged to act only on the front or the rear wheels, or on both simultaneously. It can be arranged to prevent yawing or sideways movement if the side wind is constant or variable.

USE/ADVANTAGE - Automatic auxiliary steering gear for vehicle gives good handling on winding roads and slippery surfaces.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift
⑩ DE 42 29 380 A 1

⑤① Int. Cl.⁵:
B 62 D 6/04

②① Akt nzeichen: P 42 29 380.4
②② Anmeldetag: 3. 9. 92
④③ Offenlegungstag: 10. 3. 94

DE 42 29 380 A 1

⑦① Anmelder:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE

⑦② Erfinder:

Tran, Van Tuan, Dr.-Ing., 7000 Stuttgart, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Fahrzeug mit aktiver Zusatzlenkung zur Kompensation von Seitenwindeinflüssen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein nicht spurgebundenes Fahrzeug mit aktiver Zusatzlenkung, welche selbsttätig - zusätzlich zu einer vom Fahrer gesteuerten Hauptlenkung - zur Kompensation von Seitenwindeinflüssen arbeitet, und zwar derart, daß eine seitenwindbedingte Querschleunigung bzw. eine seitenwindbedingte Gierbewegung des Fahrzeuges unterbunden bzw. stark vermindert werden.

DE 42 29 380 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 94 308 070/127

13/40

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein nicht spurgebundenen Fahrzeug mit aktiver Zusatzlenkung, welche selbsttätig — zusätzlich zu einer vom Fahrer gesteuerten Hauptlenkung — zur Kompensation von Seitenwindeinflüssen arbeitet, die mit einer fahrzeugseitigen Seitenwind-Meßanordnung ermittelbar sind.

Derartige Fahrzeuge sind beispielsweise aus der DE-PS 11 08 091 grundsätzlich bekannt.

Darüber hinaus lassen sich auch die auf ein Fahrzeug einwirkenden Windkräfte und -momente mit vergleichsweise geringem Aufwand ermitteln, wie z. B. den folgenden Druckschriften entnommen werden kann:
V. T. Tran "Determining the Wind Forces and Moments Acting on Vehicles by Means of Pressure Sensors", SAE paper 900313 und

V. T. Tran "A Calculation Method for Estimating the Transient Wind Force und Moment Acting on a Vehicle", SAE paper 910315.

Die Kompensation der auf Fahrzeuge wirkenden Seitenwindeinflüsse mittels einer aktiven Zusatzlenkung gewinnt zunehmend an Bedeutung, weil bei modernen Kraftfahrzeugen zur Verringerung des Kraftstoffverbrauches ein möglichst geringes Gewicht sowie eine möglichst strömungsgünstige Form bzw. Karosserie angestrebt werden. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß ein geringes Fahrzeuggewicht die Seitenwindempfindlichkeit des Fahrzeuges erhöht. Hinzu kommt, daß aufgrund der strömungsgünstigen Form moderner Fahrzeuge der Angriffspunkt einer seitwärts gerichteten Windkraft am Fahrzeug relativ weit vorne liegt, und zwar vor dem Fahrzeugschwerpunkt, so daß vergleichsweise große Windgierrmomente auftreten können.

Zwar ist es grundsätzlich möglich, ein Fahrzeug so zu konstruieren, daß auch der Fahrzeugschwerpunkt weit nach vorne verlagert wird, jedoch wird damit das Fahrverhalten in unerwünschter Weise beeinträchtigt. Bei extrem weit vorne liegendem Schwerpunkt des Fahrzeuges tritt eine sehr starke Tendenz zum Untersteuern auf, d. h. das Fahrzeug folgt nur vergleichsweise unwillig den Lenkbewegungen seiner Lenkräder, so daß insbesondere auf glatten Fahrbahnen bzw. bei steilen Gefällestrrecken gefährliche Situationen auftreten können.

Somit besteht bei der Konstruktion eines Fahrzeuges nur eine relativ geringe Gestaltungsmöglichkeit hinsichtlich der Lage des Schwerpunktes, wenn auch auf kurvenreichen Straßen, insbesondere auf Gefällestrrecken, sowie auf rutschigem Untergrund eine gute Handhabbarkeit des Fahrzeuges gewährleistet sein sollen.

Damit erhält die Kompensation von Seitenwindeinflüssen mittels einer aktiven Zusatzlenkung eine erhöhte Bedeutung.

Gleichwohl wurden bislang noch keine wirklich praktikablen Lösungen entwickelt.

Deshalb ist es Aufgabe der Erfindung, ein gut handhabbares Fahrzeug der eingangs angegebenen Art zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Zusatzlenkung im Sinne einer Minimierung von durch Seitenwind verursachter Querbesehleunigung bzw. Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges arbeitet.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß die Reaktion eines Fahrzeuges auf Seitenwindeinwirkungen durch zwei Bewegungsarten, nämlich eine Querbesehleunigung sowie eine Gierbewegung, beschrieben werden kann und ein für den Fahrer nachvollziehbares bzw. voraussehbares Verhalten, durch das die Beherrschung des Fahrzeuges erleichtert wird, erreichbar ist, wenn zumindest eine dieser Bewegungsarten weitgehend minimiert wird.

Wenn die Zusatzlenkung sowohl auf die Vorderräder als auf die Hinterräder des Fahrzeuges wirken kann, läßt sich erreichen, daß durch Seitenwindeinflüsse weder eine Veränderung der Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges noch eine zusätzliche Querbesehleunigung eintreten.

Soweit die Zusatzlenkung lediglich auf die Vorderräder wirkt, besteht die Möglichkeit, entweder durch Seitenwind verursachte Gierbewegungen oder durch Seitenwind bewirkte Querbesehleunigungen zu vermeiden.

In diesem Zusammenhang hat sich gezeigt, daß bei der Vermeidung von Querbesehleunigungen durch Windeinflüsse durch die Zusatzlenkung relativ ausgeprägte Gierbewegungen verursacht werden können, welche für einen Fahrer zumindestens gewöhnungsbedürftig sind. Deswegen wird in der Regel vorgezogen, die Zusatzlenkung so ausulegen, daß durch Windeinflüsse bewirkte Gierbewegungen vermieden bzw. möglichst gering gehalten werden.

Wenn die Zusatzlenkung lediglich auf die Hinterräder wirkt, können vom Wind verursachte Querbesehleunigungen nicht vermieden werden. Jedoch ist es möglich, durch Wind bewirkte Gierbewegungen weitestgehend zu vermeiden.

Insgesamt erscheint eine auf die Hinterräder wirkende Zusatzlenkung zur Seitenwindaufschaltung vorteilhaft, weil die Zusatzlenkung keinerlei Kräfte in der vom Fahrer betätigten Vorderradlenkung bewirkt. Darüber hinaus wird einerseits durch die Ausschaltung von durch Wind verursachten Gierbewegungen die Beherrschung des Fahrzeuges erleichtert; andererseits werden die Windkräfte aufgrund der bei wechselnden Seitenwindeinflüssen zwangsläufig auf tretenden Querbesehleunigungen des Fahrzeuges für den Fahrer leicht erkennbar. Der Fahrer merkt also den Seitenwind, gleichzeitig wird ihm die Handhabung des Fahrzeuges erleichtert.

Im übrigen wird hinsichtlich bevorzugter Merkmale der Erfindung auf die Ansprüche sowie die nachfolgenden Erläuterungen verwiesen, bei denen auf die Zeichnung Bezug genommen wird. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Draufsicht auf ein Fahrzeug, welches als sogenanntes Einspurmodell dargestellt ist, mit dem die laterale Fahrdynamik eines zweispurigen Fahrzeuges hinreichend genau wiedergegeben wird,

Fig. 2 eine schematisierte Seitenansicht eines Fahrzeuges.

In diesen Figuren ist

CG der Fahrzeugschwerpunkt,
x die Richtung der Fahrzeuglängsachse
y die Richtung der Fahrzeugquerachse,

β der Schwimmwinkel des Fahrzeuges,
 u die Geschwindigkeit des Fahrzeuges im Schwerpunkt
 u_f die Geschwindigkeit des Zentrums des Vorderrades,
 u_r die Geschwindigkeit des Zentrums des Hinterrades,
 r die Giergeschwindigkeit,
 l der Radstand,
 l_f der Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt,
 l_r der Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt,
 l_F die Länge des Fahrzeuges,
 l_{FS} der Abstand der Vorderseite des Fahrzeuges vom Schwerpunkt,
 δ_f der Lenkwinkel der Vorderräder,
 δ_r der Lenkwinkel der Hinterräder,
 α_f der Schräglaufwinkel der Vorderräder,
 α_r der Schräglaufwinkel der Hinterräder,
 F_f Reifenseitenkraft der Vorderräder,
 F_r Reifenseitenkraft der Hinterräder,
 S eine laterale Störkraft und
 e der Abstand der lateralen Störkraft S vom Schwerpunkt.

Das Produkt Se stellt also ein um die den Fahrzeugschwerpunkt CG enthaltende Hochachse z des Fahrzeuges wirkendes Störmoment dar, welches das Fahrzeug aus seiner Spur zu bringen sucht. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Windgierrmoment od. dgl. handeln.

Im übrigen besitzt das Fahrzeug eine Masse M sowie eine Trägheit J_z relativ zur Hochachse z des Fahrzeuges.

Das in Fig. 1 dargestellte Einspur-Fahrzeugmodell reicht zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens des Fahrzeuges aus, weil die Querbeschleunigung eines Personenkraftwagens bei Seitenwind nur etwa bei einigen Zehnteln der Erdbeschleunigung liegt.

Aus dem Gleichgewicht der auf das Fahrzeug in Querrichtung y wirkenden Kräfte und dem Gleichgewicht der Momente um die durch den Schwerpunkt CG gehende Hochachse z lassen sich die Bewegungsgleichungen des Fahrzeuges herleiten. Es gilt

$$M(u\dot{r} + \dot{\beta}) = F_f + F_r + S \quad 30$$

$$J_z \dot{r} = F_f l_f - F_r l_r + N$$

Darin sind F_f und F_r die Reifenseitenkräfte der Vorder- bzw. Hinterräder, welche näherungsweise wie folgt berechnet werden können:

$$F_f = C_f \alpha_f = C_f \left(\delta_f - \beta - \frac{l_f}{u} r \right) \quad 40$$

$$F_r = C_r \alpha_r = C_r \left(\delta_r - \beta + \frac{l_r}{u} r \right) \quad 45$$

Für die nachfolgende Betrachtung wird nun zunächst angenommen, daß die selbsttätige Zusatzlenkung auf die Vorderräder wirkt, d. h. der von der selbsttätigen Zusatzlenkung bewirkte Lenkwinkel wird dem jeweils vom Fahrer eingestellten Lenkwinkel überlagert, so daß sich der insgesamt tatsächlich eingestellte Lenkwinkel als Summe aus dem vom Fahrer eingestellten Lenkwinkel und dem von der Zusatzlenkung bewirkten zusätzlichen Lenkwinkel ergibt.

Des weiteren wird nachfolgend davon ausgegangen, daß die durch den Wind verursachte laterale Kraft S sowie das dadurch bewirkte Drehmoment N bezüglich der den Fahrzeugschwerpunkt CG durchsetzenden Hochachse z des Fahrzeuges durch Messungen hinreichend genau ermittelt werden.

Dann besteht die Möglichkeit, Veränderungen der Querbeschleunigung a_y des Fahrzeuges aufgrund von Windeinflüssen zu vermeiden, indem die Zusatzlenkung — zusätzlich zu dem vom Fahrer eingestellten Lenkwinkel — folgende Winkel einstellt:

$$\delta_f^{a_y 0} = - \frac{K_{a_y S} Z_{a_y S}}{K_{a_y \delta_f} Z_{a_y \delta_f}} S - z_1^{a_y} \quad 60$$

wobei

$$\ddot{z}_1^a = \frac{T_{ay\delta_f}}{Z_{ay\delta_f}} \delta_f^{a,0} + \frac{K_{ayS} T_{ayS}}{K_{ay\delta_f} T_{ay\delta_f}} S + \frac{K_{ayN} T_{ayN}}{K_{ay\delta_f} T_{ay\delta_f}} N + \ddot{z}_2^a$$

und

$$\ddot{z}_2^a = \frac{1}{Z_{ay\delta_f}} \delta_f^{a,0} + \frac{K_{ayS}}{K_{ay\delta_f} T_{ay\delta_f}} S + \frac{K_{ayN}}{K_{ay\delta_f} T_{ay\delta_f}} N$$

Bei den unterschiedlich indizierten Faktoren K, T und Z handelt es sich um Größen, die durch die Auslegung des Fahrwerkes des Fahrzeuges bestimmt werden und wie weiter unten angegeben berechnet werden können.

Im übrigen wird bei der obigen Einstellung der Zusatzlenkung vorausgesetzt, daß das Fahrzeug nur mit einem relativ geringen Schwimmwinkel β fährt und dementsprechend für die Querschleunigung a_y gilt

$$a_y = u(r + \beta)$$

Anstelle der Vermeidung windbedingter Querschleunigungen des Fahrzeuges ist es auch möglich, die Zusatzlenkung so zu steuern, daß windbedingte Gierbewegungen vermieden werden. Hierzu werden folgende Winkel eingestellt:

$$\delta_f^{r,0} = - \frac{K_{rN} T_{rN}}{K_{r\delta_f} T_{r\delta_f}} N - z_1^r$$

wobei

$$z_1^r = \frac{1}{T_{r\delta_f}} \delta_f^{r,0} + \frac{K_{rS}}{K_{r\delta_f} T_{r\delta_f}} S + \frac{K_{rN}}{K_{r\delta_f} T_{r\delta_f}} N$$

In beiden Fällen, d. h. sowohl bei der Vermeidung windbedingter Querschleunigungen als auch bei der Vermeidung windbedingter Gierbewegungen des Fahrzeuges wird davon ausgegangen, daß die Zusatzlenkung die angegebenen Winkel praktisch verzögerungsfrei einzustellen vermag. In der Praxis wird zwar immer mit einer gewissen Verzögerungszeit zu rechnen sein, jedoch wird bei einer reaktionsschnellen Zusatzlenkung zumindest eine deutliche Verminderung der windbedingten Querschleunigung bzw. der windbedingten Gierbewegung erreichbar.

Bei den obigen Einstellungen der Zusatzlenkung werden windbedingte Querschleunigungen bzw. Gierbewegungen auch dann vermieden bzw. deutlich vermindert, wenn die Windkräfte bzw. -momente S bzw. N nicht stationär sind.

Eine deutliche Verbesserung der Beherrschbarkeit des Fahrzeuges tritt jedoch auch dann ein, wenn lediglich erreicht wird, daß bei stationären Windkräften bzw. -momenten S und N windbedingte Querschleunigungen und Gierbewegungen vermieden werden. Hierzu genügt es, wenn die Zusatzlenkung folgende Lenkwinkel einstellt:

$$\delta_f^{a,1} = - \frac{K_{ayS}}{K_{ay\delta_f}} S - \frac{K_{ayN}}{K_{ay\delta_f}} N$$

Mit dieser Lenkeinstellung werden bei stationären Windkräften und -momenten S und N sowohl eine vom Wind verursachte Querschleunigung als auch eine vom Wind bewirkte Gierbewegung des Fahrzeuges vermieden.

Wenn die Zusatzlenkung auf die Hinterräder wirkt, besteht keine Möglichkeit, bei nicht stationären Windkräften und -momenten S und N windbedingte Querschleunigungen des Fahrzeuges zu vermeiden. Jedoch ist es wiederum möglich, windbedingte Gierbewegungen zu unterdrücken, indem folgenden Winkel eingestellt werden:

$$\delta_r^{r0} = -\frac{K_{rN}T_{rN}}{K_{r\delta_r}T_{r\delta_r}}N - z_1^r$$

wobei

$$z_1^r = \frac{1}{T_{r\delta_r}}\delta_r^{r0} + \frac{K_{rS}}{K_{r\delta_r}T_{r\delta_r}}S + \frac{K_{rN}}{K_{r\delta_r}T_{r\delta_r}}N$$

Falls windbedingte Gierbewegungen nur bei stationären Windkräften und -momenten S und N vermieden werden wollen, genügt es, wenn die Hinterräder auf folgende Winkel eingestellt werden:

$$\delta_r^{r1} = -\frac{K_{rS}}{K_{r\delta_r}}S - \frac{K_{rN}}{K_{r\delta_r}}N$$

Wenn die Zusatzlenkung sowohl auf die Vorder- als auch die Hinterräder des Fahrzeuges wirkt, lassen sich auch bei nicht stationären Windkräften und -momenten S und N windbedingte Querbewegungen und Gierbewegungen des Fahrzeuges gleichzeitig vermeiden, indem an den Vorderrädern folgende Winkel eingestellt werden:

$$\delta_f^0 = -\frac{1}{c_f \ell} \{ \ell_f S + N \}$$

und an den Hinterrädern

$$\delta_r^0 = -\frac{1}{c_r \ell} \{ \ell_r S - N \}$$

Damit verschwindet theoretisch der Einfluß der Seitenwindstörung auf die Giergeschwindigkeit sowie auf die Querbewegung. Die Faktoren c_f und c_r sind der Seitenkraftbeiwert der Vorder- bzw. der Hinterräder, d. h. das Verhältnis zwischen dem Schräglaufwinkel dieser Räder und der von ihnen bewirkten Seitenkraft F_f bzw. F_r .

Bei allen oben angegebenen Einstellungen der Zusatzlenkung wurde davon ausgegangen, daß die Windkräfte bzw. -momente S und N durch Messung relativ genau erfaßt werden. Ein Vorzug der Erfindung liegt nun darin, daß eine deutliche Verbesserung der Handhabbarkeit des Fahrzeuges auch dann eintritt, wenn diese Größen S und N nicht genau ermittelt werden und an ihrer Stelle mehr oder weniger grobe Näherungswerte verwendet werden.

Beispielsweise genügt es, wenn einerseits der Anströmwinkel γ des Windes am Fahrzeug und andererseits der Staudruck q in Fahrzeugquerrichtung gemessen werden, um darauf folgende fahrzeugspezifische Windkräfte S_0 bzw. Windmomente N_0 zu berechnen:

$$S_0 = A_{ycs}(\gamma)q$$

$$N_0 = A_{ylcn}(\gamma)q$$

Hierbei sind $c_s(\gamma)$ und $c_N(\gamma)$ stationäre Beiwerte der Seitenwindkraft bzw. des Windgiermomentes und lassen sich durch Versuche für unterschiedliche Anströmwinkel ermitteln, derart, daß S_0 und N_0 die auf das Fahrzeug tatsächlich einwirkende Windkraft bzw. das tatsächlich einwirkende Windgiermoment wiedergeben, wenn das gesamte Fahrzeug sich in einem homogenen Windfeld befindet, welches gegenüber dem Fahrzeug den Anström-Winkel γ aufweist und den angegebenen Staudruck q bewirkt. A_y ist die Seitenfläche des Fahrzeuges.

Die genannten Beiwerte $c_s(\gamma)$ und $c_N(\gamma)$ können in einem Rechner eingespeichert sein, so daß derselbe unter Auswertung von Sensorsignalen, welche den Anströmwinkel γ sowie den Staudruck q wiedergeben, die angegebenen Kräfte bzw. -momente S_0 und N_0 zu berechnen vermag.

Diese Werte können dann anstelle der tatsächlichen Windkräfte und -momente S und N zur Ermittlung der jeweils von der Zusatzlenkung einzustellenden Lenkwinkel verwendet werden.

Hierbei ist vorzugsweise vorgesehen, die Sensoren zur Ermittlung des Staudruckes q sowie des Anströmwindes möglichst weit vorne am Fahrzeug anzuordnen, so daß bei der Fahrt des Fahrzeuges s möglichst frühzeitig entsprechende Meßwerte zur Verfügung stehen. Auf diese Weise können angenähert bei der Kompensation von windbedingten Querbewegungen und Gierbewegungen des Fahrzeuges ähnlich gute Ergebnisse erreicht werden, wie sie vorliegen, wenn die Windkräfte bzw. -momente S und N genau ermittelt werden. Dies beruht auf

der Tatsache, daß sich S und N näherungsweise wie folgt berechnen lassen:

$$S(t_s) = \frac{1}{T_F} \int_0^{T_F} S_0(t_s + T_{FS} - \tau) d\tau$$

$$N(t_s) = \frac{1}{T_F} \int_0^{T_F} S_0(t_s + T_{FS} - \tau) \left[e_0 + \frac{1}{2} \ell_F - u \tau \right] d\tau$$

Hierbei bezeichnet t_s den Zeitpunkt, für den die Werte S und N gelten. Die Größe T_{FS} bezeichnet die Zeitspanne, die bei der jeweiligen Fahrgeschwindigkeit für das Durchfahren des Abstandes zwischen Vorderseite des Fahrzeuges s und Fahrzeugschwerpunkt benötigt wird; in entsprechender Weise ist T_F die Zeitspanne, die zum Durchfahren einer der Fahrzeuglänge entsprechenden Strecke benötigt wird; e_0 ist der Abstand der Seitenwindkraft S vom Schwerpunkt CG, wenn das ganze Fahrzeug unter der Einwirkung des Seitenwindes steht.

In den obigen Ausführungen wurde nicht zwischen den von der automatischen Zusatzlenkung einzustellenden Winkeln und den entsprechenden Stellbefehlen unterschieden. Eine derartige Unterscheidung erübrigt sich auch, soweit die Zusatzlenkung völlig verzögerungsfrei arbeitet, da dann ein Stellbefehl und der entsprechende Lenkwinkel an den Vorder- bzw. Hinterrädern des Fahrzeuges immer gleichzeitig auftreten. Wenn dagegen die Zusatzlenkung mit einer gewissen Verzögerung arbeitet, bezeichnen die oben verwendeten, in verschiedener Weise in indizierten Winkel δ lediglich den jeweiligen Stellbefehl, dem dann eine entsprechende Winkeleinstellung an den vorderen bzw. hinteren Lenkrädern des Fahrzeuges mit einer gewissen Verzögerung folgt.

Nachfolgend wird noch aufgezeigt, wie die oben verwendeten, unterschiedlich indizierten Faktoren K, T und Z berechnet werden können:

$$K_N = Mu^2(c_r \ell_r - c_l \ell_l) + c_l c_r \ell^2$$

$$K_{r\delta_l} = \frac{c_l c_r \ell u}{K_N}$$

$$K_{r\delta_r} = -\frac{c_l c_r \ell u}{K_N}$$

$$K_{rs} = \frac{u(c_r \ell_r - c_l \ell_l)}{K_N}$$

$$K_{rn} = \frac{u(c_l + c_r)}{K_N}$$

$$K_{a\gamma\delta_l} = u K_{r\delta_l}$$

$$K_{a\gamma s} = u K_{rs}$$

$$K_{a\gamma n} = u K_{rn}$$

$$T_{r\delta_l} = \frac{\ell_l Mu}{\ell c_r}$$

$$T_{r\delta_r} = \frac{\ell_l Mu}{\ell c_l}$$

$$T_{rn} = \frac{Mu}{c_l + c_r}$$

$$T_{a\gamma\delta_l} = \frac{\ell_r}{u}$$

$$T_{a\gamma s} = \frac{c_l \ell_r^2 + c_r \ell_l^2}{u(c_r \ell_r - c_l \ell_l)}$$

$$T_{a\gamma n} = \frac{c_r \ell_r - c_l \ell_l}{u(c_l + c_r)}$$

$$Z_{a\gamma\delta_l} = \frac{J_z}{c_r \ell}$$

$$Z_{a\gamma s} = \frac{J_z}{c_r \ell_r - c_l \ell_l}$$

Patentansprüche

1. Nicht spurgebundes Fahrzeug mit aktiver Zusatzlenkung, welche selbsttätig — zusätzlich zu einer vom Fahrer gesteuerten Hauptlenkung — zur Kompensation von Seitenwindeinflüssen arbeitet, die mit einer fahrzeugseitigen Meßanordnung ermittelbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zusatzlenkung im Sinne einer Minimierung bzw. Kompensation von durch Seitenwind verursachter Querschleunigung bzw. Giergeschwindigkeit des Fahrzeuges arbeitet.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung ausschließlich auf die Hinterräder des Fahrzeuges wirkt und im Sinne einer Minimierung seitenwindbedingter Giergeschwindigkeit arbeitet.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung ausschließlich auf die Vorderräder wirkt und entweder im Sinne einer Minimierung seitenwindbedingter Querschleunigung oder — vorzugsweise — im Sinne einer Minimierung seitenwindbedingter Giergeschwindigkeit arbeitet.

4. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung auf Vorder- und Hinterräder wirkt und simultan im Sinne einer Minimierung seitenwindbedingter Querschleunigung sowie seitenwindbedingter Giergeschwindigkeit arbeitet.

5. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung mit dynamischer Aufschaltung von Seitenwindeinflüssen arbeitet, derart, daß eine windbedingte Querschleunigung bzw. eine windbedingte Gierbewegung des Fahrzeuges auch bei nicht stationärem Seitenwind praktisch vollständig vermieden werden.

6. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung mit stationärer Aufschaltung von Seitenwindeinflüssen arbeitet, derart, daß windbedingte Querschleunigung bzw. windbedingte Gierbewegungen des Fahrzeuges bei stationärem Seitenwind weitestgehend vermieden werden.

7. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zusatzlenkung folgende Winkel einstellt:

a) bei Wirkung der Zusatzlenkung auf die Vorderräder

$$\delta_f^{a,0} = - \frac{K_{a,s} Z_{a,s}}{K_{a,\delta_f} Z_{a,\delta_f}} S - z_1^a \quad (1)$$

wobei

$$\dot{z}_1^a = \frac{T_{a,\delta_f}}{Z_{a,\delta_f}} \delta_f^{a,0} + \frac{K_{a,s} T_{a,s}}{K_{a,\delta_f} T_{a,\delta_f}} S + \frac{K_{a,N} T_{a,N}}{K_{a,\delta_f} T_{a,\delta_f}} N + z_2^a$$

und

$$\dot{z}_2^a = \frac{1}{Z_{a,\delta_f}} \delta_f^{a,0} + \frac{K_{a,s}}{K_{a,\delta_f} T_{a,\delta_f}} S + \frac{K_{a,N}}{K_{a,\delta_f} T_{a,\delta_f}} N$$

oder

$$\delta_f^{r,0} = - \frac{K_{r,N} T_{r,N}}{K_{r,\delta_f} T_{r,\delta_f}} N - z_1^r \quad (2)$$

wobei

$$\dot{z}_1^r = \frac{1}{T_{r,\delta_f}} \delta_f^{r,0} + \frac{K_{r,s}}{K_{r,\delta_f} T_{r,\delta_f}} S + \frac{K_{r,N}}{K_{r,\delta_f} T_{r,\delta_f}} N$$

wobei im ersten Fall windbedingte Querschleunigung und im zweiten Fall windbedingte Gierbewegungen — auch bei nicht stationärem Seitenwind — minimiert werden, bzw.

$$\delta_f^{a,1} = - \frac{K_{a,s}}{K_{a,\delta_f}} S - \frac{K_{a,N}}{K_{a,\delta_f}} N \quad (3)$$

wobei bei stationärem Seitenwind windbedingte Querschleunigung sowie Gierbewegungen vermieden bzw. minimiert werden.

b) bei Wirkung der Zusatzlenkung auf die Hinterräder

$$\delta_r^{r,0} = - \frac{K_{r,N} T_{r,N}}{K_{r,\delta_r} T_{r,\delta_r}} N - z_1^r \quad (4)$$

wobei

$$\dot{z}_1^f = \frac{1}{T_{r\delta_r}} \delta_r^{r0} + \frac{K_{rS}}{K_{r\delta_r} T_{r\delta_r}} S + \frac{K_{rN}}{K_{r\delta_r} T_{r\delta_r}} N$$

wobei windbedingte Gierbewegungen — auch bei nicht stationärem Seitenwind — minimiert werden, oder

$$\delta_r^{r1} = -\frac{K_{rS}}{K_{r\delta_r}} S - \frac{K_{rN}}{K_{r\delta_r}} N$$

wobei bei stationärem Seitenwind windbedingte Gierbewegungen minimiert bzw. vermieden werden.
c) bei Wirkung der Zusatzlenkung auf die Vorder- und Hinterräder an den Vorderrädern

$$\delta_f^0 = -\frac{1}{c_f \ell} \{\ell_r S + N\}$$

und an den Hinterrädern

$$\delta_r^0 = -\frac{1}{c_r \ell} \{\ell_f S - N\}$$

wobei windbedingte Querbeschleunigungen und Gierbewegungen — auch bei nicht stationärem Seitenwind — minimiert werden, wobei
S die Seitenwindkraft und
N das Windgiermoment
bzw. damit korrelierte Größen sind und zumindest annähernd gilt:

$$K_N = Mu^2(c_r \ell_r - c_l \ell_l) + c_l c_r \ell^2$$

$$K_{r\delta_l} = \frac{c_l c_r \ell u}{K_N}$$

$$K_{r\delta_r} = -\frac{c_l c_r \ell u}{K_N}$$

$$K_{rs} = \frac{u(c_r \ell_r - c_l \ell_l)}{K_N}$$

$$K_{rn} = \frac{u(c_l + c_r)}{K_N}$$

$$K_{ay\delta_l} = u K_{r\delta_l}$$

$$K_{ayS} = u K_{rs}$$

$$K_{ayN} = u K_{rn}$$

$$T_{r\delta_l} = \frac{\ell_l M u}{\ell c_r}$$

$$T_{r\delta_r} = \frac{\ell_r M u}{\ell c_l}$$

$$T_{rn} = \frac{M u}{c_l + c_r}$$

$$T_{ay\delta_l} = \frac{\ell_r}{u}$$

$$T_{ayS} = \frac{c_l \ell_l^2 + c_r \ell_r^2}{u(c_r \ell_r - c_l \ell_l)}$$

$$T_{ayN} = \frac{c_r \ell_r - c_l \ell_l}{u(c_l + c_r)}$$

$$Z_{ay\delta_l} = \frac{J_z}{c_r \ell}$$

$$Z_{ayS} = \frac{J_z}{c_r \ell_r - c_l \ell_l}$$

mit

c_r Reifenseitenkraftbeiwert hinten

c_l Reifenseitenkraftbeiwert vorn

ℓ_r Abstand zwischen Hinterachse und Schwerpunkt

ℓ_l Abstand zwischen Vorderachse und Schwerpunkt

ℓ Radstand

M Masse des Fahrzeuges

J_z Trägheit des Fahrzeuges bezüglich seiner Hochachse

u Fahrgeschwindigkeit.

8. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Zusatzlenkung in Abhängigkeit von mit der Seitenwindkraft bzw. dem Windgierrmoment korrelierten Größen (S_0 , N_0) erfolgt, die im wesentlichen nur vom Staudruck (q) und dem Einfallwinkel γ des Seitenwindes abhängen, etwa gemäß

$$S_0 = A_y \cdot c_s(\gamma) \cdot q$$

$$N_0 = A_y \cdot \ell \cdot c_N(\gamma) \cdot q$$

wobei

A_y die Fahrzeugseitenfläche,

l der Radstand,

$c_s(\gamma)$ ein vom Einfallwinkel abhängiger Beiwert der Seitenwindkraft und

$c_N(\gamma)$ ein von Einfallwinkel abhängiger Beiwert des Windgierrmomentes
sind.

5

9. Fahrzeug nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Staudruck (q) bzw. der Einfallwinkel (γ) im Bereich des Fahrzeugvorderteiles bzw. vor der Fahrzeugvorderseite gemessen werden.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

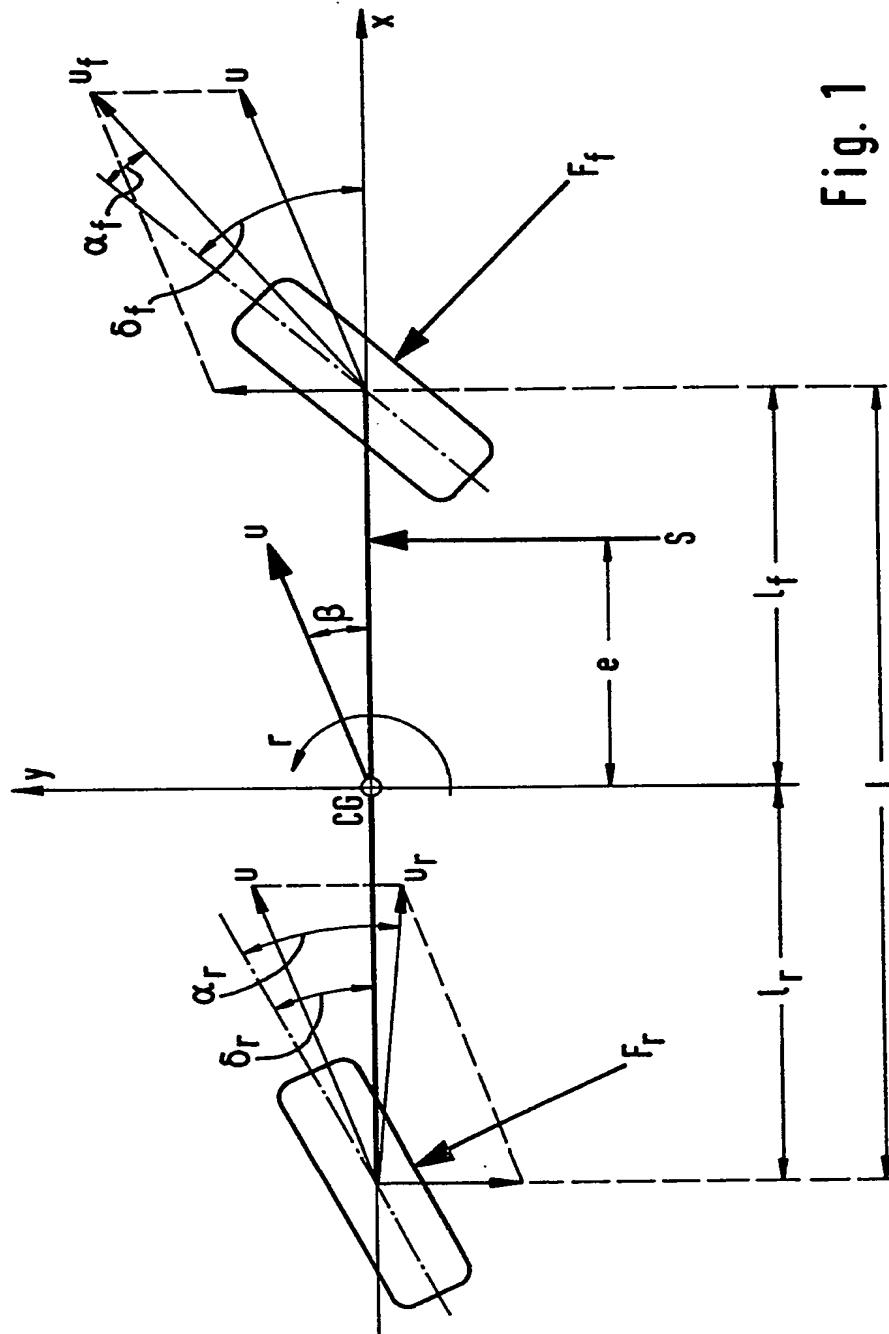


Fig. 1

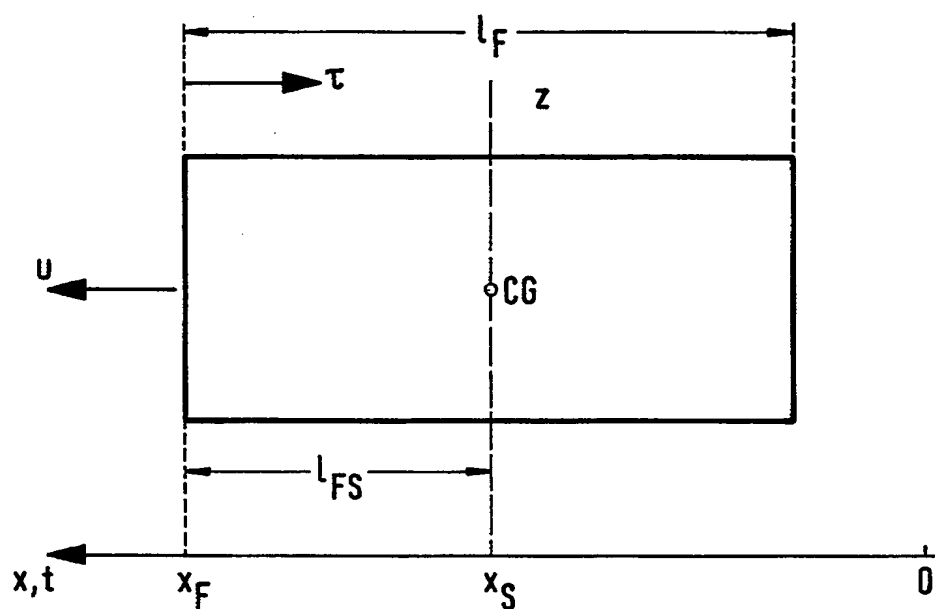


Fig. 2